

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11014800 A

(43) Date of publication of application: 22.01.99

(51) Int. Cl

**G21K 1/06**

**H01L 21/027**

**H05H 13/04**

(21) Application number: 09165982

(71) Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22) Date of filing: 23.06.97

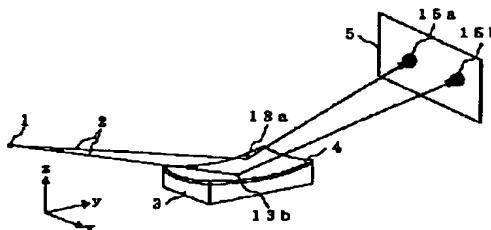
(72) Inventor: ITABASHI SEIICHI

**(54) X-RAY REFLECTOR AND X-RAY REFLECTION OPTICAL SYSTEM**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce X-ray beam whose intensity distribution is constant.

**SOLUTION:** The X-ray 2 radiated from a light source 1 is reflected by a reflector 3 and projected on an exposure surface 5. The reflector 3 is constituted of SiC and Pt film 4 is formed on the surface. In X-ray intensity distribution on the exposure surface 5, an uneven condition exists that the intensity of an area 15a which the X-ray from a reflection point 13a reaches is high and an area 15b which the X-ray from a reflection point 13b reaches is low. Elimination of the uneven condition in such a case requires lowering the reflectance of the reflection point 13a. Lowering the reflectance is conducted by masking the section of the reflection point 13a for exposure of SiC at the time of forming the Pt film 4 on the surface of the reflector 3.



**COPYRIGHT: (C)1999,JPO**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-14800

(43)公開日 平成11年(1999)1月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 21 K 1/06  
H 01 L 21/027  
H 05 H 13/04

識別記号

F I

G 21 K 1/06  
H 05 H 13/04  
H 01 L 21/30

M  
U  
503Z  
517

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全12頁)

(21)出願番号 特願平9-165982

(22)出願日 平成9年(1997)6月23日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 板橋 聖一

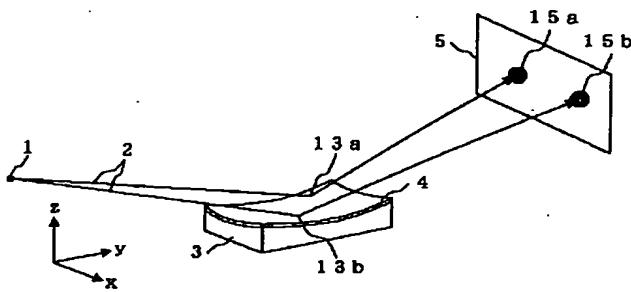
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 山川 政樹

(54)【発明の名称】 X線反射鏡及びX線反射光学系

(57)【要約】

【課題】 強度分布が一定のX線ビームを作り出す。  
【解決手段】 光源1から放射されたX線2は、反射鏡3によって反射され露光面5に投影される。反射鏡3はSiCからなり、表面にはPt膜4が形成されている。露光面5上のX線強度分布において、反射点13aからのX線が到達する領域15aの強度が大きく、反射点13bからのX線が到達する領域15bの強度が小さいという不均一が存在するとき、この不均一をなくすには、反射点13aの反射率を低下させる。反射率の低減は、反射鏡3の表面にPt膜4を形成する際に反射点13aの部分をマスクしてSiCを露出させることにより行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 X線源から放射されるX線を反射面上の反射によって所定の領域に集光するX線反射鏡において、

前記反射面は、X線の反射率が高い領域とX線の反射率が低い領域とを有するものであることを特徴とするX線反射鏡。

【請求項2】 請求項1記載のX線反射鏡において、前記X線の反射率が高い領域は、X線の反射率が高い物質が形成された領域であり、

前記X線の反射率が低い領域は、X線の反射率が低い物質が形成された領域であることを特徴とするX線反射鏡。

【請求項3】 請求項1記載のX線反射鏡において、前記X線の反射率が高い領域は、表面粗さが小さい領域であり、

前記X線の反射率が低い領域は、表面粗さが大きい領域であることを特徴とするX線反射鏡。

【請求項4】 X線源から放射されるX線を反射によって露光面に投影するX線反射光学系において、

X線源から放射されるX線を反射して露光面に集光するX線反射鏡と、

前記露光面に配設され、露光面に照射されるX線の強度分布を検出する位置強度検出手段と、

露光面上のX線強度が強い位置と対応するX線反射鏡の反射領域のX線反射率を低下させるために、前記反射領域に照射するためのイオン又は中性粒子を発生する発生装置とを有することを特徴とするX線反射光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、シンクロトロン放射光 (Synchrotron Radiation: S R) 等を利用するX線リソグラフィにおいて、光源から放射されるX線を集光あるいは拡大し、効率的に露光装置に投影するために使用するX線反射鏡及びX線反射光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 X線リソグラフィは、X線を使用して超LSIの微細パターンを形成するもので、波長が短いため可視光の波長より小さな0.1ミクロン以下の超微細パターンまで転写することができる技術である。X線リソグラフィには、X線を発生するX線源と、X線を使用して微細パターンを転写するX線露光装置、さらにX線源から放射されるX線をX線露光装置に導入するX線光学系が必要である。ただし、現在はまだレーザのように指向性が高いX線源がないため、線源から発散するようなX線源しか存在しない。したがって、X線露光装置に強力なX線ビームを照射するためには発散するX線を集光するX線光学系が不可欠である。X線反射鏡はこのような光学系の中で使用される。

【0003】 従来のX線反射光学系において、X線を集光するX線反射鏡には、球面、回転放物面、回転楕円面あるいは異なる曲率の球面を組み合わせたトロイダル面等の多項式で記述される形状を有する反射鏡が用いられている。また、特定の露光領域にX線を効率的に集める目的で、これらの形状の反射鏡を何枚か組み合わせたX線光学系も使用されている。電磁波は物質の表面が滑らかであれば高い反射率で反射される。電磁波の内、波長が短いX線を反射するためには、表面の滑らかさは凹凸が原子と同じ大きさ程に小さいことが必要である。さらに、X線を反射するためには、反射面と入射するX線が成す角度を1度あるいは2度以下の低角度にすることによって生じる全反射現象を利用しなければならない。入射角が小さいため、表面の凹凸だけでなく、平面度を良くすることが重要となる。現在、高剛性のため変形せず、熱伝導性が高いため熱による変形も無い材料を使用して、平面度が高く、表面が非常に滑らかなX線反射鏡の開発が進められている。

【0004】 最近、半導体産業においてX線リソグラフィを超々LSI製造工程に使用する試みがなされつつあり、産業的に成り立つためには、露光効率の向上が必須となっている。露光効率は露光するときのX線の強度が強く、1回の露光あたりの露光面積が広いほど高くなる。さらに、露光する領域では露光の品質を保つため、領域内でのX線強度は一定でなければならない。したがって、露光効率の向上には大きな面積に強度が強く、強度の均一性が高いX線ビーム形成が不可欠とされる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 X線リソグラフィにおいて露光効率を向上させるためには、強度が強く、強度均一性が高いX線ビームの形成が不可欠である。強度を上げるためには、発散するX線をできるだけ多く取り込むことができる開口の大きな光学系が必要である。一方、強度の均一性は、X線をできるだけ多く取り込む系とすると、低くなる傾向がある。これは、集光という操作が広がるX線を一定の領域に閉じこめることに対応しており、無理に詰め込むために集光領域にX線ビームの疎密がけてしまうためである。X線リソグラフィが必要とするX線強度の均一性は4%以下であり、僅かなビームの疎密が存在しても達成できない。以上のように従来のX線反射光学系では、高強度、高均一性のX線照射ができないという問題点があつた。本発明は、X線リソグラフィを半導体産業で使用するために必要な、集光した領域でX線の強度分布が一定であるようなX線ビームを作り出すX線反射鏡及びX線反射光学系を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、請求項1に記載のように、X線源から放射されるX線を反射面上の反射によって所定の領域に集光するX線反射鏡において、

上記反射面が、X線の反射率が高い領域とX線の反射率が低い領域とを有するようにしたものである。X線源から放射されるX線を反射鏡で集光するX線反射光学系において、X線は反射鏡の表面で入射角に対応した反射率で反射される。反射率はフレネルの式によって表現され、反射面を構成する物質の種類と反射面の凹凸に対応する粗さによって影響を受ける。そこで、集光領域でX線が強すぎる領域に到達するX線を反射している反射鏡の表面領域の反射率を低下させることにより、この領域からのX線が減衰するため、集光領域内のX線の強度分布を一定にすることができる。

【0007】また、請求項2に記載のように、上記X線の反射率が高い領域は、X線の反射率が高い物質が形成された領域であり、上記X線の反射率が低い領域は、X線の反射率が低い物質が形成された領域である。また、請求項3に記載のように、上記X線の反射率が高い領域は、表面粗さが小さい領域であり、上記X線の反射率が低い領域は、表面粗さが大きい領域である。また、請求項4に記載のように、X線源から放射されるX線を反射によって露光面に投影するX線反射光学系において、X線源から放射されるX線を反射して露光面に集光するX線反射鏡と、露光面に配設され、露光面に照射されるX線の強度分布を検出する位置強度検出手段と、露光面上のX線強度が強い位置と対応するX線反射鏡の反射領域のX線反射率を低下させるために、前記反射領域に照射するためのイオン又は中性粒子を発生する発生装置とを有するものである。

#### 【0008】

##### 【発明の実施の形態】

実施の形態の1. 次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の第1の実施の形態となるX線反射光学系のブロック図である。光源1から発散するX線2はX線反射鏡3の表面の各反射点13a, 13bで反射され、露光面5上の領域15a, 15bに到達する。反射鏡3は炭化珪素(SiC)からなり、その表面にはPt膜4が形成されている。

【0009】このようなX線反射光学系において、光源1の位置、反射鏡3の位置、露光面5の位置、反射鏡3の形状、X線2が反射鏡3に入射する入射角が決まると、露光面5に照射されるX線の疎密分布は一意に決まってしまう。一般的に、反射率の相違と反射点の分布による疎密分布によりX線強度分布は一定ではなく、強い部分と弱い部分には+10%以上の強弱が存在する。

【0010】今、露光面5上のX線強度分布において、反射点13aからのX線が到達する領域15aの強度が大きく、反射点13bからのX線が到達する領域15bの強度が小さいというX線強度の不均一が存在すると仮定する。このような不均一をなくすには、X線が強い領域\*

\*域15aに対応する反射鏡3の反射点13aの反射率を低下させねばよい。これにより、露光面5上のX線強度分布を一定にすることができます。

【0011】次に、X線反射鏡3の反射率を局所的に低下させる手法について説明する。光源1から放射されたX線2は反射鏡3の表面で入射角に対応した反射率で反射される。反射率はフレネルの式によって表現され、反射面を構成する物質の種類と反射面の凹凸によって影響を受ける。例えば、反射面を構成する物質がPt, Au, W, Ta, U, Pd, Ru等の重金属である場合は、反射率が高く、C, Si, Al等の軽い物質である場合は、反射率が低い。

【0012】反射面を構成する物質がPtとSiCの場合のX線の入射角と反射率との関係を図2、図3に示す。反射面に照射するX線としては、X線リソグラフィで使用されている波長0.6~0.9nmのX線を使用した。図2(a)はX線の波長が0.6nmの場合、図2(b)は波長が0.7nmの場合、図3(a)は波長が0.8nmの場合、図3(b)は波長が0.9nmの場合である。

【0013】X線がPtあるいはSiCに入射するときの入射角が1.5度以上の場合、Ptが高い反射率を示すのに対し、SiCはほとんどX線を反射しない。したがって、反射面にPt等の重金属で構成される領域とSiC等の軽い元素で構成される領域がある場合、反射されるX線の強度は異なる。

【0014】以上のことから、X線が強い領域15aに対応する反射鏡3の反射点13aの反射率を低下させるためには、反射点13aの位置でSiCを露出させねばよい。これにより、反射率は低下し、X線はほとんど反射されないため、領域15aの位置のX線強度は小さくなる。

【0015】次に、露光面5上のX線強度分布を実際に計算して、反射面上のどの領域のX線反射率を変えればよいかを検討する。ここで、空間座標x, y, zは図1のようとするものとする。つまり、光源1から露光面5への方向がy軸方向であり、これと垂直な上向きの高さ方向がz軸方向であり、y, zと垂直で、y軸を時計回りにz軸の方へ回転させたときに右ネジが進む方向がx軸方向である。

【0016】光源1をシンクロトロン放射光(Synchrotron Radiation、以下、SRと略す)を放射するSR光源とし、このSR光源の広がりを標準偏差0.8mmの分散を持つ正規分布であると仮定した。そして、光源1と反射鏡3の中心との距離を2760mm、反射鏡3の中心と露光面5との距離を6340mmとする。また、反射鏡3は、次式で表記できる形状を持つものとする。

#### 【0017】

$$\begin{aligned}
 & +0.004270800575741973x^2 \\
 & +8.28115405993602 \times 10^{-8}x^4 \\
 & +5.014815819129886 \times 10^{-12}x^6 \\
 & -7.389003736146092 \times 10^{-6}y \\
 & -6.175952366769869 \times 10^{-7}x^2y \\
 & -5.244035396540827 \times 10^{-11}x^4y \\
 & +3.532448535214485 \times 10^{-6}y^2 \\
 & +2.703327315869953 \times 10^{-10}x^2y^2 \\
 & -4.432466606511452 \times 10^{-10}y^3 \\
 & +1.083541174146448 \times 10^{-13}y^4 \quad \dots \quad (1)
 \end{aligned}$$

【0018】式(1)はx, y, zの3次以上の項を含み、これにより反射鏡3が複雑な形状の非平面鏡であることが分かる。そして、X線2が反射鏡3の中心(x=y=z=0)に入射するときの入射角を1.58度とする。以上のようなX線反射光学系において、光源1から2万本のSRが発生したと仮定して、SRが露光面5上に形成する強度分布を計算する。

【0019】SR光源の形状を図4に示し、このSR光源1から放射されたSRと反射鏡3の反射面との交点を図5に示す。そして、反射鏡3によって反射されたSRが露光面5上に形成する交点群の全体形状は図6のような直線状となる。続いて、露光面5上のX線の密度を計算すると、図7(a)のような等高線分布が得られる。この分布をz軸方向に積分したものが、図7(b)で、これがX線強度分布に相当する。強度を求める際は、波長0.5~1.5nmの間のX線のスペクトルを積分した。

【0020】図7(b)より、この光学系の強度分布は斜線の部分が強いため、露光領域内でX線強度が一定にならないことが分かる。なお、点がばらついているのは、光源1から発生する光線密度がばらついているためであり、光線数をふやすことで、ばらつきは少なくなる。

【0021】次いで、どの領域のX線反射率を変えることで露光面5上のX線強度が均一になるかを検討する。まず、反射鏡3の反射面を、図8のようにx軸と平行な13個の領域に分割する。そして、各領域をクラスという名前で呼ぶこととする。反射鏡3上の各領域から反射されたX線が露光面5上に作りだす疎密の等高線分布とこれをz軸方向に積分したX線強度分布を図9~図20に示す。

【0022】なお、クラス31, 43から反射されるX線は無視できるほど弱いので、クラス31については図9に疎密分布のみを示し、クラス43については表記していない。図9~図13から分かるように、反射鏡3の\*

$$e^{-(4\pi\sigma\sin\theta/\lambda)^2}$$

【0029】X線の波長λは0.7nmで、X線が反射面に入射する入射角θは1.58度とした。表面が全面Ptに覆われていても、表面粗さσがrms粗さで0の

\*クラス31~35から反射されるX線は、露光面5の中心部(x=0付近)に到達し、分布を形成する。一方、図14~図20から分かるように、クラス36~43から反射されるX線は、露光面5の周辺部(x=10, -10付近)に到達し、分布を形成する。

【0023】各クラスからの反射によるX線強度分布のうち、クラス39から反射されたX線の強度分布(図17(b))において中心部に対して周辺部が強くなっている割合が、図7(b)の全体のX線強度分布で中心部

20 に対して周辺部が強くなっている割合にほぼ対応していることが分かる。そこで、反射鏡3のクラス39の表面にはPt膜4を形成せずSiCを露出させた構造にすると、図21に示すように、クラス39からはX線がほとんど反射されなくなる。

【0024】これにより、全体のX線強度分布は、図22に示すように、周辺部が低くなり、一定の強度が得られることが分かる。反射鏡3の表面にSiCを露出させるには、反射鏡3の表面にPt膜4を形成する際にクラス39に対応する部分をマスクするだけよい。

30 【0025】こうして、本実施の形態によれば、反射鏡作製の際に露光面5上のX線強度が強い位置と対応する反射鏡3のクラスをマスクするだけで露光面5上でのX線強度が一定の反射鏡3を実現することができる。

【0026】実施の形態の2. 実施の形態の1では反射鏡3のクラス39の反射率を低下させる方法として、反射鏡3の材質であるSiCを露出させる方法をとったが、本実施の形態では、Pt膜4を厚く形成することで、反射率の低下を実現する。

【0027】前述のように反射率は、反射面を構成する40 物質の表面の凹凸に対応する粗さによって影響を受ける。図23に表面粗さσが次式で記述される形で反射率が減衰する場合を示す。

【0028】

【数1】

... (2)

場合と2nm以上の場合とでは反射率に大きな差異が生じることが分かる。表面粗さσが3nmより大きくなると、X線はほとんど反射されない。そこで、本実施の形

態では、P<sub>t</sub>膜4を厚く形成することで、反射鏡3の反射率を局所的に変える。

【0030】図24に膜厚に対するP<sub>t</sub>膜の表面粗さの変化を示す。P<sub>t</sub>膜の形成は真空蒸着法で行った。反射膜として使用するためにはP<sub>t</sub>膜の厚さは7～10nm必要であり、実際には膜形成時の膜厚分布も考慮して10～20nmの膜厚でP<sub>t</sub>を形成する。10nmの膜厚に対する表面の粗さは0.9nm程度である。そして、このときの反射率は、図23により80% (0.8) 程度となる。

【0031】一方、反射鏡3のクラス39の表面にP<sub>t</sub>膜4を70nm以上形成すれば、表面粗さは2nm程度まで荒れるため、反射率は図23により40%程度まで低下する。こうして、露光面5上でのX線強度が一定の反射鏡3を実現することができる。また、さらにP<sub>t</sub>膜4を厚くすることで表面粗さを増加させることもできる。

【0032】実施の形態の3. 図25は本発明の第3の実施の形態となるX線反射光学系のブロック図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。実施の形態の1ではクラス39の反射率を低下させる方法として、P<sub>t</sub>膜4を形成しない方法をとったが、本実施の形態では、不活性なHe, Ne, Ar, Xeなどのイオン12等をP<sub>t</sub>膜4の表面に照射し、スパッタリング効果によって表面が荒れて反射率が低下する現象を利用する。

【0033】一般に、物質に高いエネルギーを持った粒子を照射すると、スパッタリング現象が生じ、表面の原子がたたき出されて物質の表面に凹凸が発生する。このようなスパッタリングによってクラス39の表面粗さを悪化させることにより、クラス39の反射率が低下するので、露光面5上で均一なX線強度分布を得ることができる。

【0034】実施の形態の4. 本実施の形態ではクラス39の反射率を低下させる方法として、実施の形態の3のように高いエネルギーを有するイオンを照射する代わりに、エネルギーの低い軽い元素のイオン、例えばSiC, Si, Al等を照射することで、これら軽元素から構成される膜を形成する。エネルギーが低いためスパッタ現象は生じず、膜形成することができる。

【0035】X線は物質に対して斜入射するとき、ほとんど物質中には侵入しないため、反射膜は非常に薄い膜で充分である。例えば、X線が入射角1.58度でP<sub>t</sub>膜に入射した場合のP<sub>t</sub>膜の反射率を図26に示す。P<sub>t</sub>膜の場合、10nmで充分反射することが分かる。軽元素の場合についても同程度である。そこで、反射鏡3のクラス39の表面に例えばSiCを50nmだけ形成すれば、クラス39の反射率はSiCのものとなってしまう。これにより、露光面5上で均一なX線強度分布を得ることができる。

【0036】実施の形態の5. 図27は本発明の第5の実施の形態となるX線反射光学系のブロック図であり、図1と同一の構成には同一の符号を付してある。本実施の形態では、実際にX線リソグラフィ用のX線反射光学系を真空中に設置し、反射鏡3が収納されている真空容器(不図示)中にイオン又は中性粒子を発生する発生装置6を設置し、金属や軽元素のイオン又は中性粒子12を反射鏡3の反射面に照射する。

【0037】このとき、露光面5上のX線強度を露光面5に配設された位置強度検出モニター7で検出し、露光面5上のX線強度が強い位置と対応する反射鏡3のクラス(実施の形態の1～4ではクラス39)にイオン又は中性粒子12を照射して、このクラスのX線反射率を減衰させる。

【0038】発生装置6から照射するイオン又は中性粒子12によって反射率を減衰させる方法としては、実施の形態の2のように反射膜を構成する物質(例えばP<sub>t</sub>)の膜厚を厚くしてもよいし、実施の形態の3のようにスパッタリングしてもよいし、実施の形態の4のように反射率の低い物質を形成してもよい。

【0039】図7、図9～図20を用いて説明したように、X線の強度分布と反射鏡3上の反射点との関係を予め計算しておき、実際のX線強度分布を位置強度検出モニター7で検出しながら、X線強度が強い位置と対応する反射鏡3のクラスの反射率を低下させることによって、より精度が高い補正が可能となる。

【0040】なお、以上の実施の形態では、X線反射鏡3として、その形状が式(1)で記述されるような非平面鏡を用いたが、これに限るものではなく、平面鏡を用いてもよい。

【0041】

【発明の効果】本発明によれば、請求項1に記載のように、X線反射鏡の反射面にX線の反射率が高い領域とX線の反射率が低い領域とを設けることにより、従来不可避であった、X線光学系の強度分布が不均一になる現象を回避することができ、X線リソグラフィに必要な強度分布が一定のX線ビームを提供することができる。その結果、X線リソグラフィに必要な光学系を提供できるため、0.1μm級の超微細なパターンを量産することが可能となり、高速で消費電力が小さな超々LSI量産が可能となる。また、様々なX線光学系、例えばX線縮小光学系、X線顕微鏡等の照明系として使用することもできる。

【0042】また、請求項2に記載のように、X線の反射率が高い領域をX線の反射率が高い物質が形成された領域とし、X線の反射率が低い領域をX線の反射率が低い物質が形成された領域とし、露光領域内のX線強度が強い位置と対応するX線反射鏡の領域をX線反射率が高い領域とすることにより、露光領域内でX線強度を均一にことができる。また、X線の反射率が低い領域と

なるX線の反射率が低い物質が形成された領域は、例えば反射鏡製作時に該当部分をマスクして反射膜を形成することで容易に実現することができる。

【0043】また、請求項3に記載のように、X線の反射率が高い領域を表面粗さが小さい領域とし、X線の反射率が低い領域を表面粗さが大きい領域とし、露光領域内のX線強度が強い位置と対応するX線反射鏡の領域をX線反射率が低い領域とすることにより、露光領域内でX線強度を均一にすることができる。また、X線の反射率が低い領域となる表面粗さが大きい領域は、反射鏡製作後に該当部分に例えばイオンを照射したり軽元素からなる膜を形成したりすることによって容易に実現することができる。

【0044】また、請求項4に記載のように、X線反射鏡、位置強度検出手段及び発生装置を設けることにより、露光面のX線強度分布を位置強度検出手段で検出しながら、露光面上のX線強度が強い位置と対応するX線反射鏡の反射領域のX線反射率をイオン又は中性粒子の照射によって低下させることができ、より精度の高い補正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態となるX線反射光学系のブロック図である。

【図2】 X線の入射角と反射率との関係を示す図である。

【図3】 X線の入射角と反射率との関係を示す図である。

【図4】 S R光源の形状を示す図である。

【図5】 光源から放射されたX線と反射鏡との交点を示す図である。

【図6】 X線と露光面との交点を示す図である。

【図7】 露光面上のX線の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図8】 反射鏡表面を13個の領域に分割した例を示す図である。

【図9】 反射鏡のクラス31から反射されたX線の露光面上の疎密分布を示す図である。

【図10】 反射鏡のクラス32から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図11】 反射鏡のクラス33から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図12】 反射鏡のクラス34から反射されたX線の

露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図13】 反射鏡のクラス35から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図14】 反射鏡のクラス36から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図15】 反射鏡のクラス37から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図16】 反射鏡のクラス38から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図17】 反射鏡のクラス39から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図18】 反射鏡のクラス40から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図19】 反射鏡のクラス41から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図20】 反射鏡のクラス42から反射されたX線の露光面上の疎密分布及び疎密分布をz軸方向に積分したX線強度分布を示す図である。

【図21】 反射鏡のクラス39にSiCを露出させた場合のX線と反射鏡との交点を示す図である。

【図22】 反射鏡のクラス39にSiCを露出させた場合の露光面全体のX線強度分布を示す図である。

【図23】 入射角1.58度、波長0.7nmのX線に対する反射面の表面粗さとX線の反射率との関係を示す図である。

【図24】 Pt膜の膜厚とPt膜の表面粗さとの関係を示す図である。

【図25】 本発明の第3の実施の形態となるX線反射光学系のブロック図である。

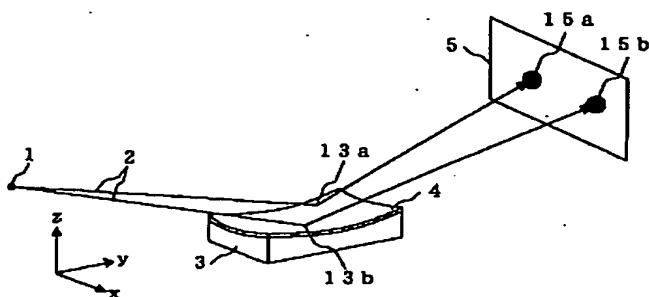
【図26】 Pt膜の膜厚とX線の反射率との関係を示す図である。

【図27】 本発明の第5の実施の形態となるX線反射光学系のブロック図である。

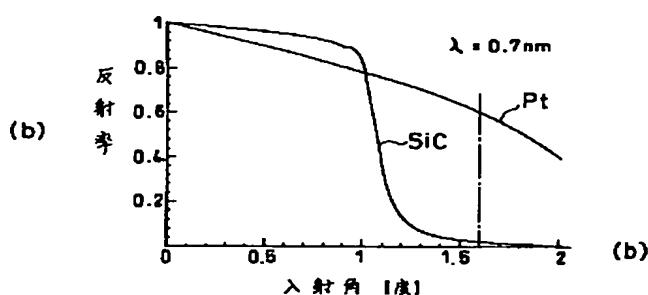
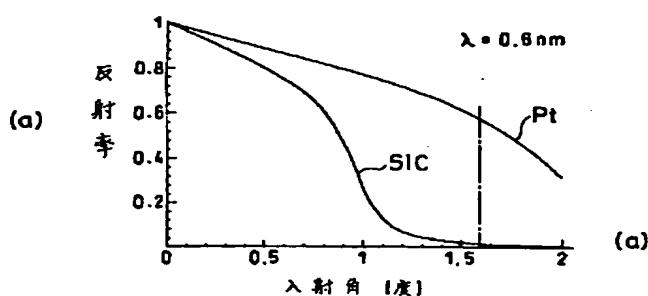
【符号の説明】

1…光源、2…X線、3…X線反射鏡、4…Pt膜、5…露光面、6…発生装置、7…位置強度検出モニター。

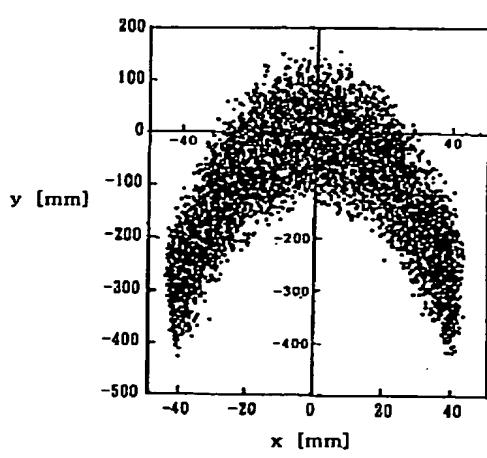
【図1】



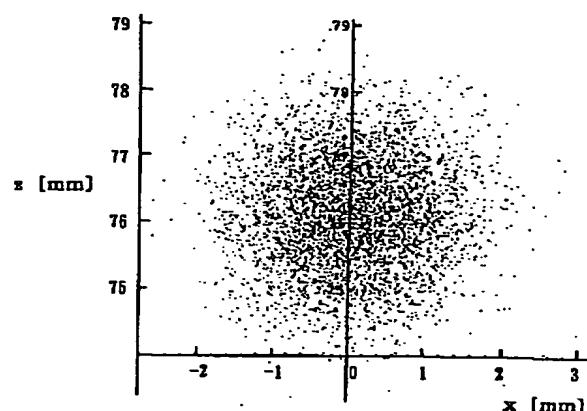
【図2】



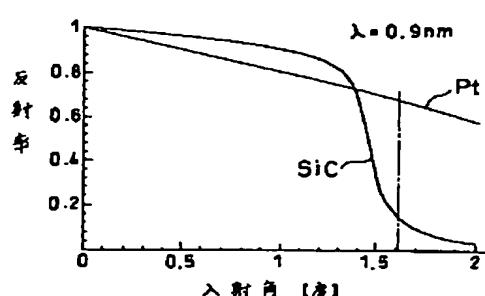
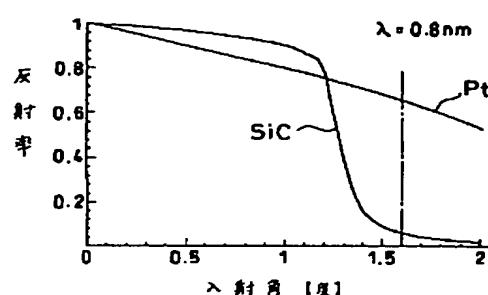
【図5】



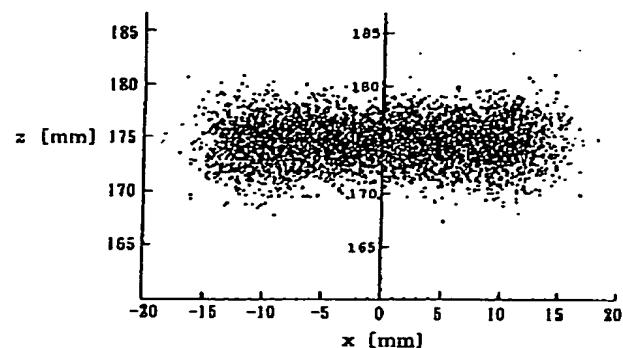
【図4】



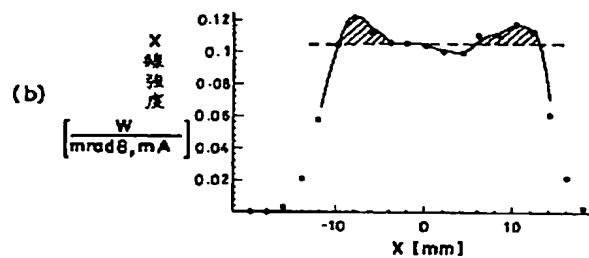
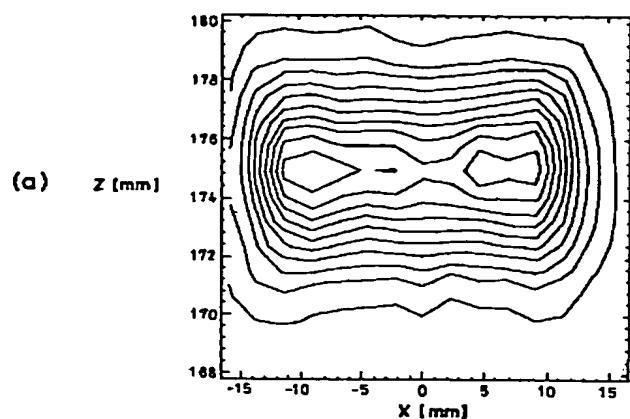
【図3】



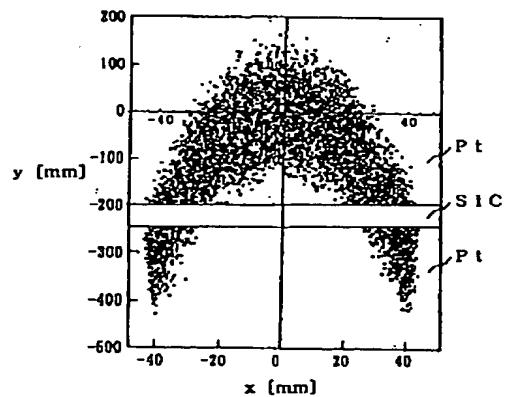
【図6】



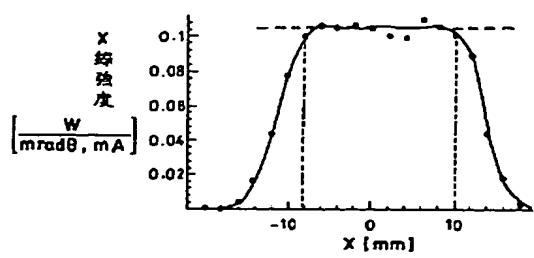
【図7】



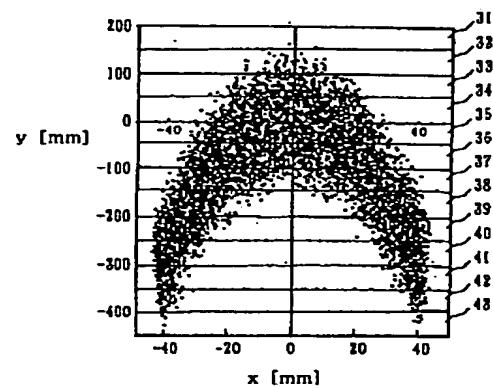
【図21】



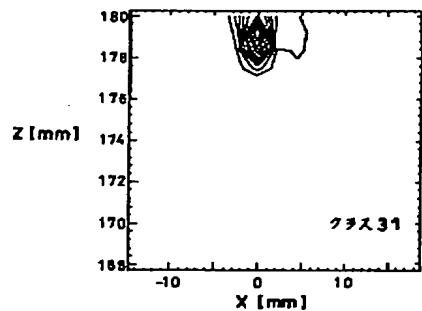
【図22】



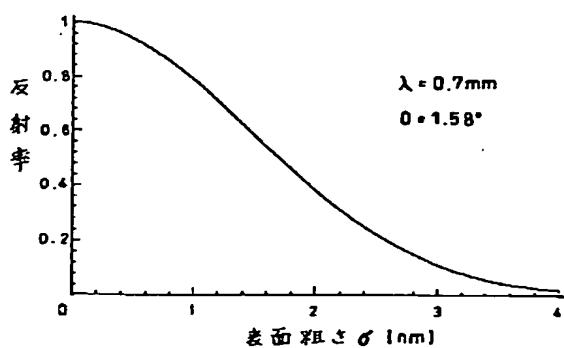
【図8】



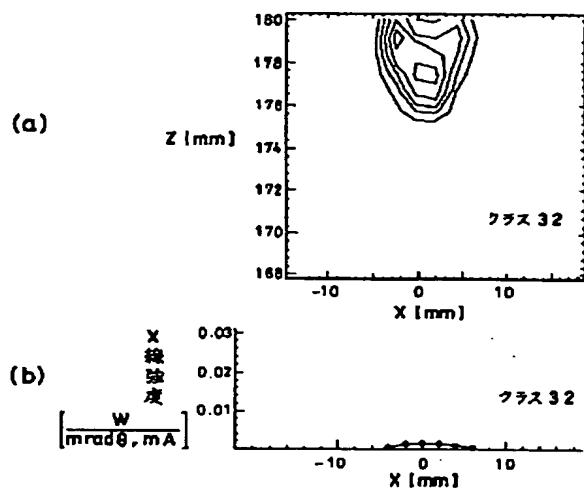
【図9】



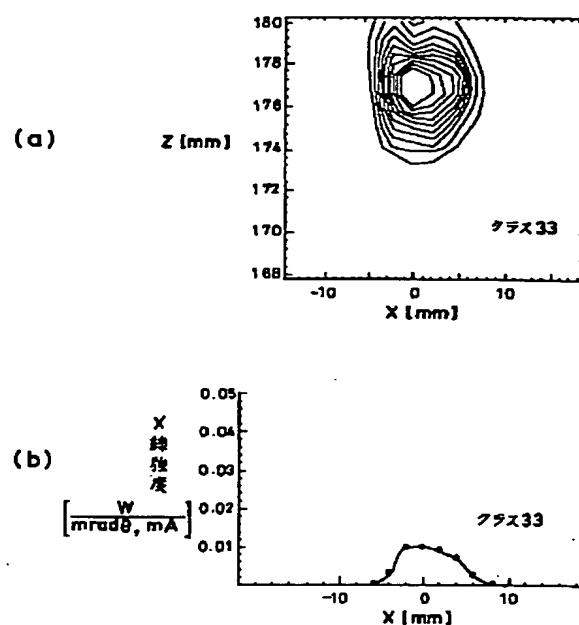
【図23】



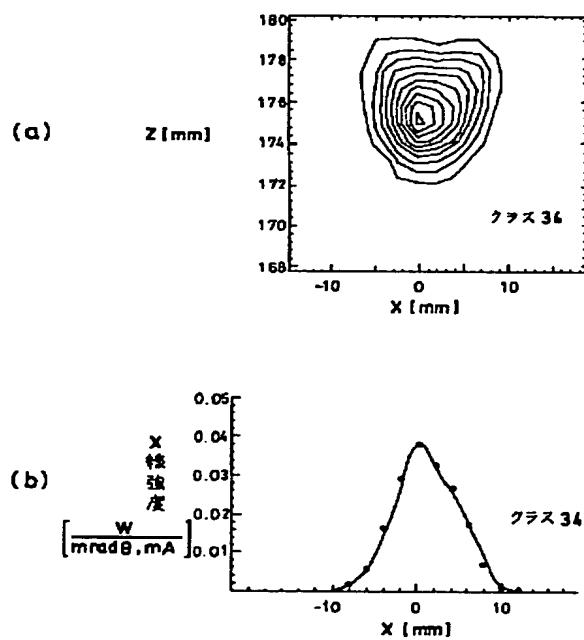
【図10】



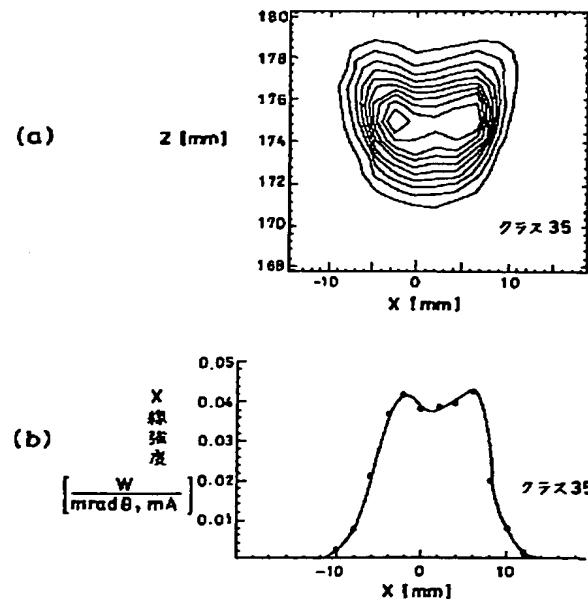
【図11】



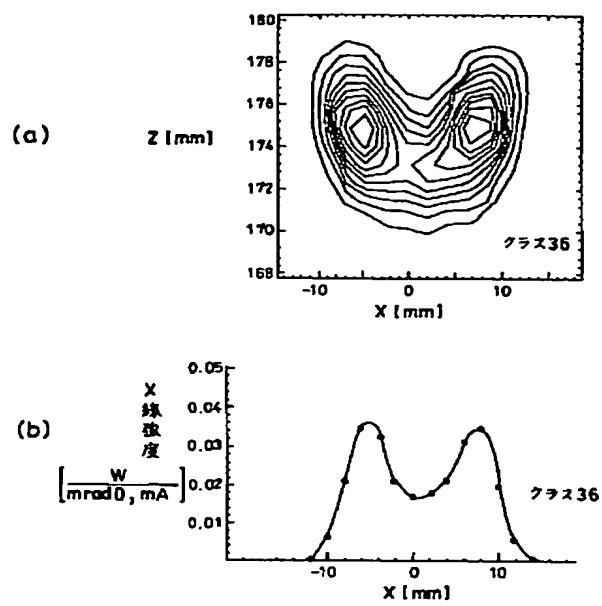
【図12】



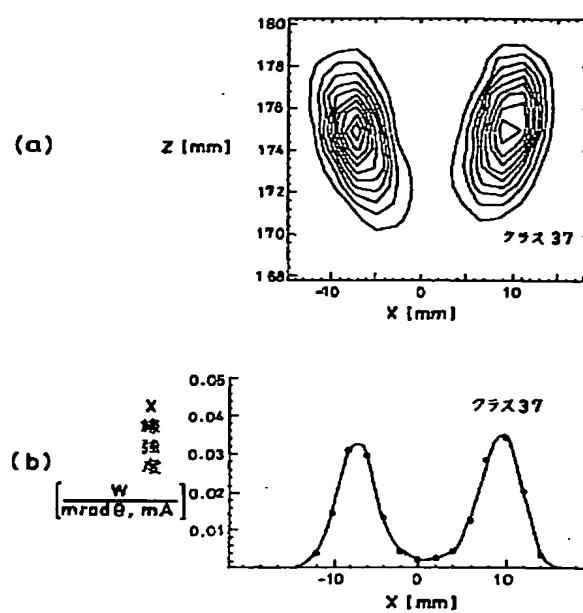
【図13】



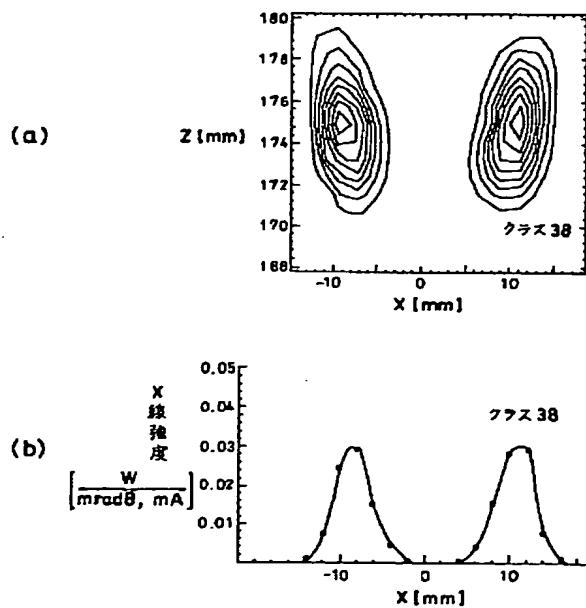
【図14】



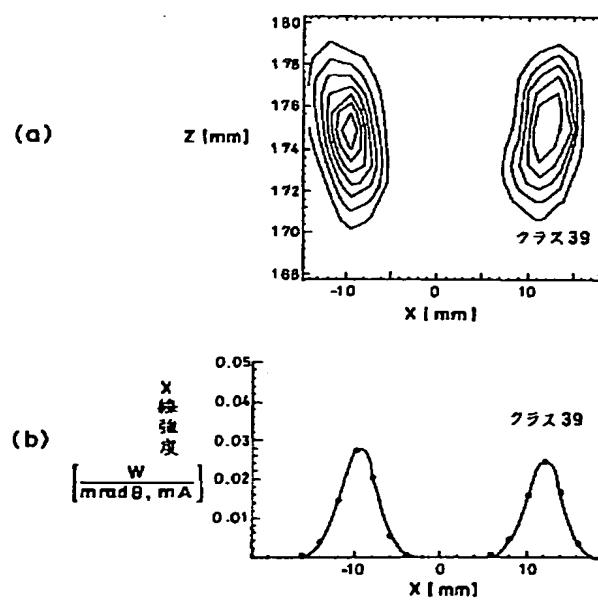
【図15】



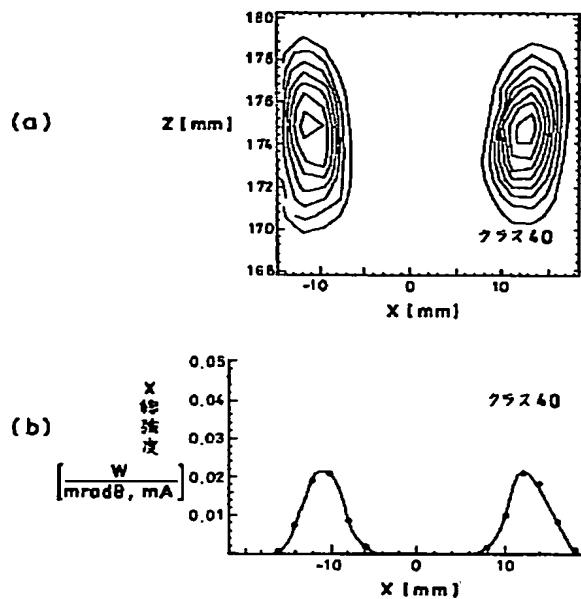
【図16】



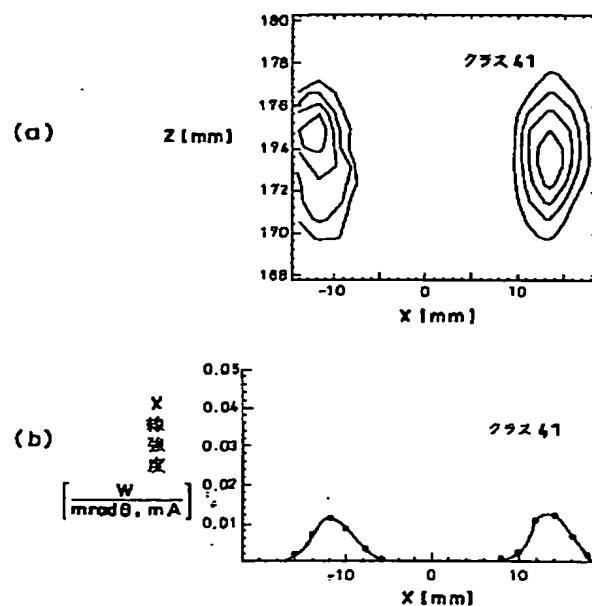
【図17】



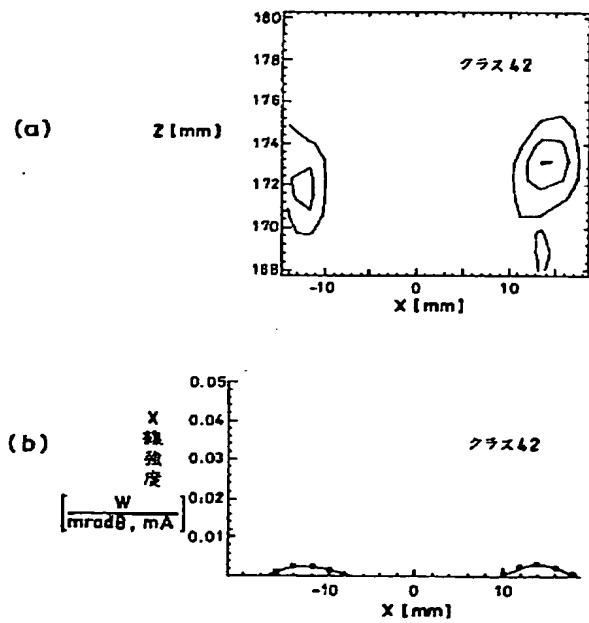
【図18】



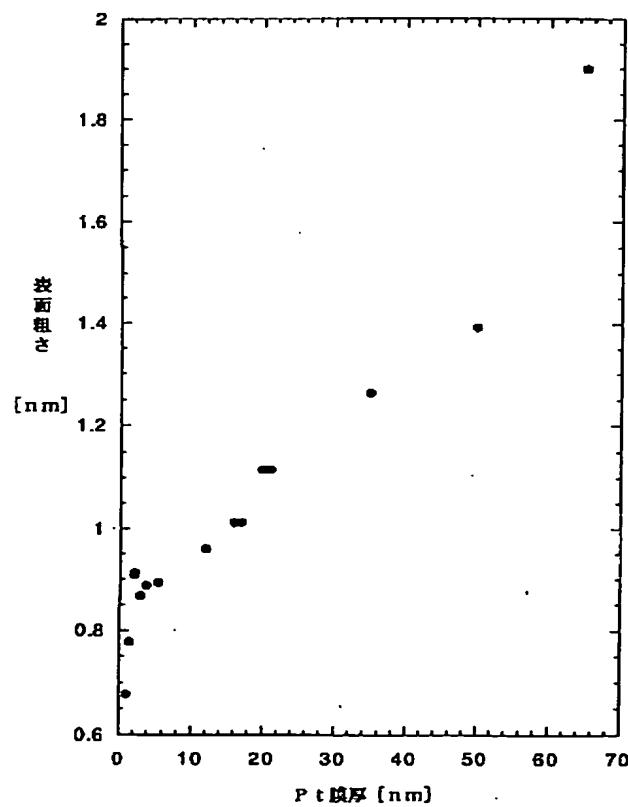
【図19】



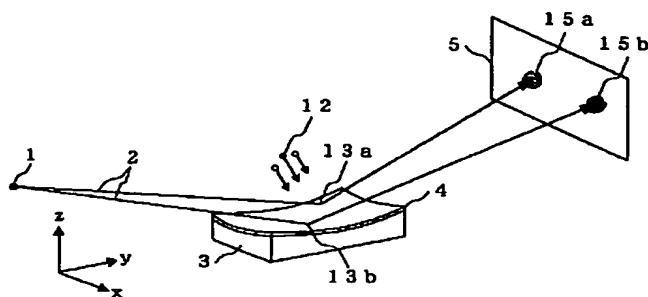
【図20】



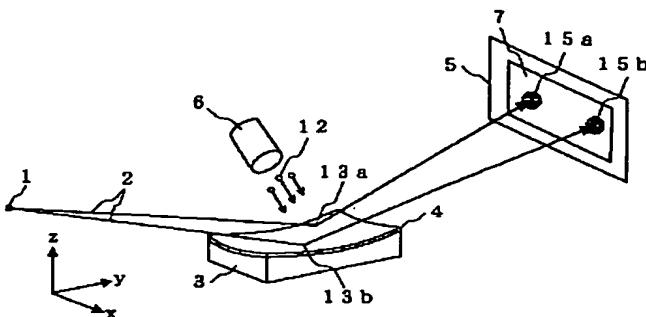
【図24】



【図25】



【図27】



【図26】

